

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2001 DERWENT INFO LTD. All rts. reserv.

009974313 **Image available**

WPI Acc No: 1994-242026/199430

XRPX Acc No: N94-190971

Catadioptric optical redn system with high numerical aperture in semiconductor photolithographic mfr. - uses negative power lens group between reticle plane and beam-splitter cube, and strongly positive power lens group between aspheric concave mirror and wafer plane

Patent Assignee: SVG LITHOGRAPHY SYSTEMS INC (SVGL-N); SILICON VALLEY GROUP (SILI-N)

Inventor: WILLIAMSON D W; WILLIAMSON D M

Number of Countries: 008 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 608572	A2	19940803	EP 93121146	A	19931230	199430 B
CA 2112828	A	19940727	CA 2112828	A	19940105	199436
JP 6300973	A	19941028	JP 946146	A	19940125	199503
EP 608572	A3	19941117	EP 93121146	A	19931230	199536
<u>US 5537260</u>	A	19960716	US 939284	A	19930126	199634
			US 93134505	A	19931008	

Priority Applications (No Type Date): US 93134505 A 19931008; US 939284 A 19930126

Cited Patents: No-SR.Pub; DE 4110296; DE 4203464; EP 350955; EP 465882

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 608572	A2	E	28	G02B-017/08	
Designated States (Regional): DE FR GB IT NL					
JP 6300973	A		19	G02B-017/08	
US 5537260	A		19	G02B-017/00	CIP of application US 939284
CA 2112828	A			G02B-017/08	
EP 608572	A3			G02B-017/08	

Abstract (Basic): EP 608572 A

The lithographic optical reduction system includes a negative power lens group, a beam splitter, a concave mirror and a positive power lens group, from the long to the short conjugate ends. The object end lens group has sufficient negative power to only image an entrance pupil at infinity to an aperture stop at or near the mirror. The reduced image end lens group provides most of the reduction system power and images the exit pupil to infinity. The mirror is almost or nearly concentric and operates near unit magnification.

The negative power lens group may include two sub-groups, having a zero power shell (12), a spaced doublet (14,16) and a positive lens (18) for aberration correction in the object end sub-group. The positive power lens group (LG3) has two lenses (40,42) to provide high numerical aperture at the image and exit pupils and infinity.

USE/ADVANTAGE - Step and repeat exposure, 0.7 NA for 0.35 micron patterning over 26 x 5 mm field. Reduced high order aberrations; wider spectral bandwidth at higher numerical aperture.

Dwg.1/5

Abstract (Equivalent): US 5537260 A

Catadioptric optical reduction system having an object space numerical aperture, from the long conjugate end to the short conjugate end, comprising:

first lens means for providing a negative power having an emerging numerical aperture, the emerging numerical aperture being larger than the object space numerical aperture;

a beamsplitter;

a concave mirror; and

second lens means for providing a positive power, wherein the negative power of said first lens means provides only enough power to image an entrance pupil of the system at infinity to an aperture stop at or near said mirror, and the positive power of said second lens means provides substantially all of the power of the system and images

the exit pupil of the system to infinity.

Dwg.1/5

Title Terms: CATADIOPTRIC; OPTICAL; REDUCE; SYSTEM; HIGH; NUMERIC; APERTURE
; SEMICONDUCTOR; PHOTOLITHOGRAPHIC; MANUFACTURE; NEGATIVE; POWER; LENS;
GROUP; RETICLE; PLANE; BEAM; SPLIT; CUBE; STRONG; POSITIVE; POWER; LENS;
GROUP; ASPHERIC; CONCAVE; MIRROR; WAFER; PLANE

Derwent Class: P81; P84; U11

International Patent Class (Main): G02B-017/00; G02B-017/08

International Patent Class (Additional): G02B-021/18; G03F-007/20;

H01L-021/027

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04C2; U11-C04E1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-300973

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 10 月 28 日

(51) Int. Cl.⁵

G 0 2 B 17/08

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内登録番号

A 9120-2K

7352-4M

F 1

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 1 5 D

審査請求 未請求 発明の図24 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特開平6-6146

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 1 月 25 日

(31) 優先権主張番号 0 0 9 2 8 4

(32) 優先日 1993 年 1 月 26 日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 1 3 4 5 0 5

(32) 優先日 1993 年 10 月 8 日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 594014937

シリコン・バレイ・グループ・インコーポ
レイテッド

S I L I C O N V A L L E Y G R O U
P, I N C.

アメリカ合衆国、94306 カリフォルニア
州、サン・ホーゼイ、リングウッド・アベ
ニュー、2240

(72) 発明者 デイビッド・ウィリアムソン

イギリス、ダブリュ・アール・14 4・デ
ィー・ダブリュ ウースターシャー、ウエ
スト・マルバーン、ハーコート・ロード、
バーノン・コテージ (番地なし)

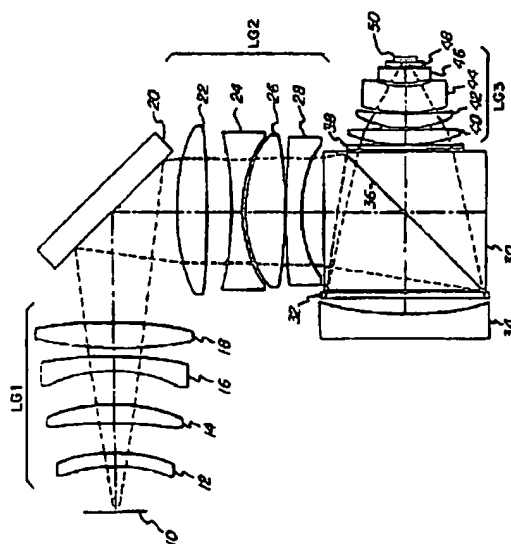
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外 3 名)

(54) 【発明の名称】 反射屈折縮小光学系

(57) 【要約】

【目的】 高い開口数を有する、半導体のフォトリソグ
ラフイー製造に用いる反射屈折縮小光学系を提供する。

【構成】 微前方のレンズ群 (L G 1、L G 2) は、凹
面鏡でまたはその近傍の開口絞りに無限遠の入射ひとみ
を結像するのに十分な屈折力のみを与える。鏡後方のレ
ンズ群 (L G 3) は、対象物から像寸法により大きな縮
小率を与え、開口絞りを無限遠の射出ひとみに投影す
る。高次の収差をさらに低減するために非球面の凹面鏡
が用いられる。この系は、2.6×5mmの像面に0.3
5ミクロンを下回るパターンを焼き付けることができ
る、0.7の比較的高い開口数を与える。それによって
この系は、半導体製造に用いられるようなステップアン
ドスキャンマイクロリソグラフィー露光装置によく適合
する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 比較的高い開口数を有する反射屈折縮小光学系であって、長い共役側端部から短い共役側端部までに、

負の屈折力を与えるための第1のレンズ手段と、
ビームスプリッタと、

凹面鏡と、

正の屈折力を与えるための第2のレンズ手段とを含み、
前記第1のレンズ手段の負の屈折力は、前記鏡またはその近傍の開口絞りに無限遠の入射ひとみを結像するのに十分な屈折力のみを与え、前記第2のレンズ手段の正の屈折力は実質的に系の屈折力のすべてを与え、射出ひとみを無限遠に結像する、反射屈折縮小光学系。

【請求項2】 長い共役側端部から短い共役側端部までに、

正の屈折力の第1のレンズ群と、

負の屈折力の第2のレンズ群と、

ビームスプリッタと、

4分の1波長板と、

凹面鏡と、

正の屈折力の第3のレンズ群とを含み、

前記第1のレンズ群の正の屈折力は、前記鏡またはその近傍の開口絞りに前記第2のレンズ群を介して無限遠の入射ひとみを結像するのに十分な屈折力を与え、前記第2のレンズ群の負の屈折力は前記凹面鏡のために必要な共役像を与え、前記第3のレンズ群の正の屈折力は系全体の屈折力の残りを与え、射出ひとみを無限遠に結像する、請求項1に記載の反射屈折縮小光学系。

【請求項3】 前記ビームスプリッタと前記凹面鏡との間に置かれる第1の4分の1波長板をさらに含む、請求項1に記載の縮小光学系。

【請求項4】 前記ビームスプリッタと前記第3のレンズ群との間に置かれる第2の4分の1波長板をさらに含む、請求項3に記載の縮小光学系。

【請求項5】 前記第1のレンズ群が、少なくとも2つの異なる材料からできる屈折素子を含み、
前記第2のレンズ群が、少なくとも2つの異なる材料からできる屈折素子を含む、請求項1または2に記載の縮小光学系。

【請求項6】 前記第1のレンズ群が、
少なくとも1つの正の屈折力のレンズと、
実質的に屈折力が0の第1のレンズと、
第1のダブルレットとを含み、
それによって、前記少なくとも1つの正の屈折力のレンズは、前記鏡の近傍の開口絞りに無限遠の入射ひとみを結像し、前記実質的に屈折力が0の第1のレンズおよび前記第1のダブルレットは、非点収差、像面湾曲、および歪曲等の収差を補正するのを助ける、請求項1または2に記載の縮小光学系。

【請求項7】 前記第1のレンズが空隙ダブルレットであ

る、請求項6に記載の縮小光学系。

【請求項8】 前記第2のレンズ群が、
少なくとも1つの負の屈折力のレンズと、
正のレンズと、

第2のダブルレットとを含み、

それによって、前記少なくとも1つの負の屈折力のレンズは、前記ビームスプリッタおよび前記鏡のために発散するビームを与え、前記正のレンズは横方向の色補正を与え、前記第2のダブルレットは球面収差およびコマ収差の補正を助ける、請求項6に記載の縮小光学系。

【請求項9】 前記第3のレンズ群が、

第1の少なくとも1つの正の屈折力のレンズと、

実質的に屈折力が0の第2のレンズと、

前記第1の少なくとも1つの正の屈折力のレンズよりも弱い、第2の少なくとも2つの正の屈折力のレンズとを含み、

それによって、前記第1の少なくとも1つの正の屈折力のレンズは、像での高い開口数を与え、無限遠に射出ひとみを結像し、前記実質的に屈折力が0の第2のレンズおよび前記第2の少なくとも2つの正の屈折力のレンズは高次の収差の補正を与える、請求項8に記載の反射屈折縮小光学系。

【請求項10】 前記第2のレンズが「接合された」ダブルレットである、請求項9に記載の縮小光学系。

【請求項11】 前記第1のレンズ群と前記第2のレンズ群との間に置かれる偏向鏡をさらに含む、請求項1または2に記載の縮小光学系。

【請求項12】 前記鏡が非球面である、請求項1または2に記載の縮小光学系。

【請求項13】 前記第1のレンズ手段および前記第2のレンズ手段が、少なくとも2つの異なる材料でできた屈折素子を含む、請求項1または2に記載の縮小光学系。

【請求項14】 比較的高い開口数を有する反射屈折縮小光学系であって、長い共役側端部から短い共役側端部までに、

第1のダブルレットと、

第1の正のレンズと、

第2の正のレンズと、

シェールと、

第3の正のレンズと、

第1の負のレンズと、

第4の正のレンズと、

第2の負レンズと、

ビームスプリッタキューブと、

第1の4分の1波長板と、

凹面鏡と、

第2の4分の1波長板と、

第5の正のレンズと、

第2のダブルレットと、

第6の正レンズと、

第3のダブルレットとを含み、

系に入射するビームが、前記第1のダブルレット、前記第1の正のレンズ、前記第2の正のレンズ、前記シェル、前記第3の正のレンズ、前記第1の負のレンズ、前記第2の負のレンズ、前記ビームスプリッタキューブ、前記第1の4分の1波長板を通過し、前記凹面鏡に反射されて、逆方向に前記第1の4分の1波長板および前記ビームスプリッタキューブを通過し、前記第2の4分の1波長板、前記第5の正のレンズ、前記第2のダブルレット、前記第6の正のレンズ、および前記第3のダブルレットを通過するように配置される、反射屈折縮小光学系。

【請求項15】 前記シェルと前記第3の正のレンズとの間に置かれる偏向鏡をさらに含む、請求項14に記載の縮小光学系。

【請求項16】 比較的高い開口数を有する反射屈折縮小光学系であって、長い共役側端部から短い共役側端部までに、

第1のダブルレットと、

第2のダブルレットと、

第1の正のレンズと、

第2の正のレンズと、

第1の負のレンズと、

第3の正のレンズと、

第2の負のレンズと、

ビームスプリッタキューブと、

第1の4分の1波長板と、

凹面鏡と、

第2の4分の1波長板と、

第4の正のレンズと、

第3のダブルレットと、

第5の正のレンズと、

シェルと、

第6の正のレンズとを含み、

系に入射するビームが、前記第1のダブルレット、前記第2のダブルレット、前記第1の正のレンズ、前記第2の正のレンズ、前記第1の負のレンズ、前記第3の正のレンズ、前記第2の負のレンズ、前記ビームスプリッタキューブ、前記第1の4分の1波長板を通過し、前記凹面鏡に反射され、逆方向に前記第1の4分の1波長板および前記ビームスプリッタキューブを通過し、前記第2の4分の1波長板、前記第4の正のレンズ、前記第3のダブルレット、前記第5の正のレンズ、前記シェル、および前記第6の正のレンズを通過するように配置される、反射屈折縮小光学系。

【請求項17】 前記第1の正のレンズと前記第2の正のレンズとの間に置かれる偏向鏡をさらに含む、請求項16に記載の縮小光学系。

【請求項18】 前記ビームスプリッタがキューブである、請求項1ないし13のいずれかに記載の縮小光学

系。

【請求項19】 前記開口絞りが前記ビームスプリッタと前記凹面鏡との間にある、請求項1ないし13のいずれかに記載の縮小光学系。

【請求項20】 可変の開口が前記ビームスプリッタと前記凹面鏡との間に置かれる、請求項19に記載の縮小光学系。

【請求項21】 前記凹面鏡が、系全体の縮小率の1.6ないし2.7倍の縮小率を含む、請求項1ないし13のいずれかに記載の縮小光学系。

【請求項22】 比較的高い開口数を有する反射屈折縮小光学系であって、長い共役側端部から短い共役側端部までに、

正の屈折力の第1のレンズ群と、

負の屈折力の第2のレンズ群と、

ビームスプリッタと、

凹面鏡と、

正の屈折力の第3のレンズ群と、

前記ビームスプリッタキューブと前記凹面鏡との間に置かれる第1の4分の1波長板と、

前記ビームスプリッタキューブと前記第3のレンズ群との間に置かれる第2の4分の1波長板とを含み、

前記第1および第2のレンズ群の正の屈折力は、前記鏡でまたはその近傍で開口絞りに入射ひとみを無限遠に結像するのに十分な屈折力のみを与え、前記第2のレンズ群の負の屈折力は前記凹面鏡に関する正しい共役像を与え、前記第3のレンズ群の正の屈折力は、系全体の屈折力の残りを与え、射出ひとみを無限遠に結像する、反射屈折縮小光学系。

【請求項23】 第1の4分の1波長板および/または第2の4分の1波長板が、真のゼロ次4分の1波長板である、請求項22に記載の縮小光学系。

【請求項24】 比較的高い開口数を有する反射屈折縮小光学系であって、長い共役側端部から短い共役側端部までに、

正の屈折力の第1のレンズ群と、

負の屈折力の第2のレンズ群と、

ビームスプリッタと、

凹面鏡と、

正の屈折力の第3のレンズ群とを含み、

前記系に入射するビームが、前記第1のレンズ群、前記第2のレンズ群、前記ビームスプリッタキューブを通過し、前記凹面鏡に反射され、逆方向に前記ビームスプリッタおよび前記第3のレンズ群を通過するように配置される、反射屈折縮小光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】この発明は一般に、半導体の製造において使用される光学系に関し、より特定的には、比較的高い開口数を有する、暗くない反射屈折縮小光学系に関する

る。

【0002】

【関連技術の説明】半導体は通常、種々のフォトリソグラフィ技術を用いて製造される。半導体で用いられる回路は、レチクルから半導体チップに複写される。この複写はしばしば、光学系を使用することによって達成される。これらの光学系の設計は複雑なことが多く、半導体チップ上に置かれる、小さくなる一方の構成要素を複写するのに必要な所望の解像力を得るのが難しい。したがって、0.35ミクロンを下回る、非常に微細な構成要素の形状を複写することができる光学系を開発するために多大な努力がなされてきた。非常に微細な構成要素の形状を複写できる光学系を開発する必要性に加えて、開口数を増すことによって系の性能を高める必要がある。というのは開口数を増すと、光学系の解像度がより高くなるからである。

【0003】この発明の光学系に類似するものが、1990年9月4日にウィリアムスン (Williamson) に発行された「縮小光学系」(Optical Reduction System) と題される米国特許第4,953,960号に開示されている。そこに開示されるのは、0.45の開口数を有し、248ナノメートルの範囲で動作する縮小光学系である。別の類似した光学系は、1992年2月18日にシンフ (Singh) らに発行された「高分解能の縮小用反射屈折リレーレンズ」(High Resolution Reduction Catadioptric Relay Lens) と題される、米国特許第5,089,913号に開示されている。それに開示されるのは、248ナノメートルに制限されたスペクトル波長を有し、かつ0.6の開口数を有する光学系である。

【0004】これらの先行技術の光学系はその意図される目的のためには十分に機能するが、開口数を高めることによって系の性能を向上する必要性は増大する一方である。したがって、比較的大きなスペクトル波長で、許容可能な系の性能を実現し、かつ比較的高い開口数を有する光学系が必要とされている。

【0005】

【発明の概要】この発明は、対象物即ち長い共役側端部から、縮小像即ち短い共役側端部までに、第1のレンズ群と、第2のレンズ群と、ビームスプリッタキューブと、実質的にまたはほぼ同心の凹面鏡と、第3のレンズ群とを有する反射屈折縮小光学系を含む。凹面鏡は、実質的にはほぼ単位倍率で動作する。これによって、鏡によってもたらされる収差、およびビームスプリッタキューブに入射するビームの直径が減じられる。凹面鏡の前方にある第1および第2のレンズ群の屈折力は、無限遠の入射ひとみを凹面鏡またはその近傍にある開口絞りに結像するのに十分なのである。凹面鏡の後方の第3のレンズ群は、開口絞りを無限遠の射出ひとみに投影するのに加えて、光学系の対象物から像までの実質的な縮小を行う。非球面凹面鏡を用いることによって高次の収差が

低減される。

【0006】したがって、この発明のある目的は、比較的高い開口数を有する光学系を提供することである。

【0007】この発明の別の目的は、このように高い開口数でこれまで得られたものよりも実質的に広いスペクトルバンド幅を有する光学系を提供することである。

【0008】この発明の利点は、凹面鏡が実質的に単位倍率により近く動作することである。

【0009】この発明の特徴は、凹面鏡前方のレンズ群の屈折力が、凹面鏡またはその近傍にある開口絞りに無限遠の入射ひとみを結像するのに十分なのであることである。

【0010】この発明のさらに別の特徴は、系の対象物から像への縮小のほとんどが凹面鏡後方のレンズ群によって行なわれることである。

【0011】これらのおよび他の目的、利点および特徴は、以下の詳細な説明を考慮して容易に明らかになるであろう。

【0012】

【好ましい実施例の説明】図1は、この発明の縮小光学系の一実施例を示す。縮小光学系はその長い共役側端部から、対象物即ちレチクル面10、第1のレンズ群LG1、偏向鏡20、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッタキューブ30、第1の4分の1波長板32、凹面鏡34、第2の4分の1波長板38、および第3のレンズ群LG3を含む。像は、像面即ちウエハ面50で結像される。第1のレンズ群LG1は、シェール12と、正のレンズ14および負のレンズ16を含む空隙ダブルレットと、正のレンズ18とを含む。シェール12は、屈折力がほとんど0のレンズである。第2のレンズ群LG2は、正のレンズ22と、負のレンズ24および正のレンズ26を含む空隙ダブルレットと、負のレンズ28とを含む。第3のレンズ群LG3は、強い正である2つの正のレンズ40および42と、シェール44と、弱い正である2つの正のレンズ46および48とを含む。偏向鏡20は、この発明の動作に不可欠なわけではない。しかしながら、偏向鏡によって対象物の面と像面とを平行にすることができるので、ステップアンドスキャン系でのフォトリソグラフィを用いる半導体装置の製造という、この発明の光学系で意図される応用には好都合である。

【0013】ビームはレチクル即ち長い共役側端部で系に入射し、第1のレンズ群LG1を通過し、偏向鏡20によって反射され、第2のレンズ群LG2を通過する。ビームは、ビームスプリッタキューブ30に入射し、表面36から反射され、4分の1波長板32を通過して、凹面鏡34によって反射される。次に、ビームは逆方向に4分の1波長板32、ビームスプリッタキューブ30、4分の1波長板38、第3のレンズ群LG3を通過し、像面即ちウエハ面50に焦点が合わされる。

【0014】鏡の前方のレンズ群LG1およびLG2の

屈折力は、凹面鏡34またはその近傍の開口絞りに無限遠の入射ひとみを結像するのに十分なだけである。レンズ群L G 1およびL G 2を併せた屈折力は、やや負である。シェル12と空腔ダブレット14および16とは、非点収差、像面湾曲、および歪曲を含む収差補正を助ける。凹面鏡34後方のレンズ群L G 3は、開口絞りを無限遠の射出ひとみに投影するのに加えて、対象物から像寸法への縮小のほとんどを行う。2つの強い正のレンズ10および12は、像での高い開口絞りを与え、射出ひとみを無限遠に結像する。シェル44はほとんど屈折力を持たない。2つの弱い正のレンズ46および48は、高次の収差を補正するのを助ける。

【0015】第2のレンズ群L G 2における負のレンズ24は、ビームスプリッタキューブ30および凹面鏡34に向けられる大きく発散するビームを与える。強い正のレンズ22は、横方向の色補正を与える。レンズ24および26を含む空腔ダブレットは、球面収差およびコマ収差を補正するのを助ける。凹面鏡34は好ましくは非球面であり、したがって高次の収差をさらに低減するのを助ける。

【0016】ビームスプリッタキューブ30によってもたらされる透過の損失は、対象物即ちレチクルを平面偏光で照射し、かつビームスプリッタキューブ30と凹面鏡34との間に真の4分の1波長板32を設けることによって最小になる。真の4分の1波長板とは、SおよびP偏光状態の間で4分の1波長分位相の遅れをもたらす複屈折材料の厚さを有するものを意味する。これは、2分の1+4分の1波長の整数倍またはその位相の遅れが4分の1波長だけ異なる材料の2つの厚さを有するものとは大きく異なる。入射角の大きくなばらつきという窓影は、このような真の0次波長板を用いることによって、および入射面における像面寸法を制限することによって高い開口絞りで最小になる。さらに、凹面鏡34およびビームスプリッタキューブ30後方のレンズ群L G 3における開口絞を増すことによって、これらの素子において最大の入射角度のばらつきが認められない。

【0017】しかしながら、約0.5を上回る開口絞りで平面偏光を使用すると、結像の際に小さいがそれとわかる非対称をもたらす。この発明において、これは、ビームスプリッタキューブ30を最後に通過した後第2の

4分の1波長板38を導入し、平面偏光を円偏光に変換することによって効果的に除去できる。この円偏光は、その結像動作においては偏光されていない光と区別できない。

【0018】図1に示される光学系は、4対1の縮小率で動作するように設計される。したがって、像空間における開口絞は、0.7から4のファクタだけ低減されて、対象物すなわちレチクルにおいて0.175になる。第1のレンズ群L G 1を出る際に、凹面鏡34の近傍の系の開口絞りに無限遠の入射ひとみを結像するためにレンズ群L G 1において必要な正の屈折力の結果、開口絞は0.12に低減される。第2のレンズ群L G 2を出てビームスプリッタに入射する際の開口絞は、0.19である。これは、第2のレンズ群L G 2の全体の負の屈折力によって、物体空間の開口絞0.175に非常に類似している。これは、ビームスプリッタキューブに入射する際の開口絞が典型的には0に近い、またはほとんどコリメートされる先行技術の系とは対照的である。凹面鏡34はほとんど同心であるので、それから反射されるビームの開口絞は、0.19から0.35にわずかに増加する。第3のレンズ群L G 3は、ウェハ面即ち像面50において開口絞を2倍にして、その最終値を0.7にする。

【0019】この発明は、負の第2の群L G 2および強い正の第3のレンズ群L G 3によってビームスプリッタキューブのエッジによる妨害なく、比較的高い開口絞を達成する。この発明において板状のビームスプリッタではなくビームスプリッタキューブ30を用いることが重要であるのは、約0.45を上回る開口絞ではビームスプリッタキューブの方がより優れた性能を与えるからである。ガラスの屈折率によってキューブ内の開口絞が低減される上に、傾斜板ビームスプリッタではビームスプリッタに入射する非平行ビームにおいてもたらされるであろう収差がない。

【0020】この発明に従う、図1に示されるレンズ系に関する構成データは、以下の表1～表3で与えられる。

【0021】

【表1】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
10	無限遠		63.3853			
12	-138.7745	-177.8880	15.0000	124.0478	131.7725	シリカ
空間			36.1130			
14	-535.6911	-202.0072	22.2126	148.3881	152.5669	シリカ
空間			38.7188			
16	-183.7199	-558.8803	15.0000	156.5546	166.5750	シリカ
空間			10.0674			
18	427.2527	-612.2450	28.8010	177.4010	179.0292	シリカ
空間			132.3320			
20	無限遠		-74.0000	184.6402		反射
22	-240.4810	2050.9592	-33.3135	188.4055	185.3395	シリカ
空間			-29.3434			
24	421.7829	-145.6176	-12.0000	175.5823	169.0234	シリカ
空間			-4.2326			
26	-150.4759	472.0653	-46.5091	171.4244	169.9587	シリカ
空間			-2.0000			

【0022】

* * 【表2】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
28	-1472.2790	-138.2223	-15.0000	165.3586	154.8084	シリカ
空間			-27.2060			
30	無限遠	無限遠	-91.8186	155.6662	253.0917	シリカ
36	無限遠			253.0917		反射
3C	無限遠	無限遠	91.8186	253.0917	253.0917	シリカ
空間			2.0000			
32	無限遠	無限遠	6.0000	185.8693	186.8401	シリカ
空間			17.9918			
絞り				188.0655		
34	非球面		-17.9918	188.0655		反射
32	無限遠	無限遠	-6.0000	183.5471	180.1419	シリカ
空間			-2.0000			
30	無限遠	無限遠	-91.8186	178.3346	149.2832	シリカ
30	無限遠	無限遠	-70.0000	149.2832	128.8604	シリカ
空間			-2.0000			
38	無限遠	無限遠	-4.5000	127.9681	126.6552	シリカ

【0023】

【表3】

素子番号	開口直径 (mm)		厚さ (mm)	曲率半径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
空間			-0.7500			
40	-175.1330	1737.4442	-17.7754	121.4715	118.2689	シリカ
空間			-0.7500			
42	-108.6178	-380.1370	-18.2407	104.5228	97.7967	シリカ
空間			-0.7500			
44	-202.2637	-86.6025	-31.1216	91.7061	57.4968	シリカ
空間			-2.3507			
46	-122.1235	-488.7122	-17.9476	56.4818	41.1673	シリカ
空間			-0.2000			
48	-160.8306	-360.1907	-6.1500	39.4528	33.5764	シリカ
空間			-4.000			
50	無限遠			26.5019		

【0024】表3の素子番号50の欄を参照して、開口直径が26.5019mmとなっている。この開口は像面寸法に直すと約26×5mmになる。すなわち、この発明によれば、26×5mmの像面に0.35ミクロンを下回るパターンを焼付けることができる。

*【0025】凹面鏡34は以下の式に従う非球面の反射表面を有する。

【0026】
【数1】

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + \left(1 - (1+k)(CURV)^2Y^2\right)^{1/2}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12} + (F)Y^{14}$$

【0027】ここで定数は以下のとおりである。

CURV=-0.00289051

K = 0.000000

A = 6.08975 × 10⁻¹¹

B = 2.64378 × 10⁻¹⁴

C = 9.82237 × 10⁻¹⁹

D = 7.98056 × 10⁻²²

E = -5.96805 × 10⁻²⁷

F = 4.85179 × 10⁻³¹

表1～表3の構成に従うレンズは、248.4ナノメートルを中心とするビームに関して最適化される。石英ガラスの単一の屈折材料および屈折力の大部分が、図1に示される実施例のスペクトルバンド幅を、約10ピコメートルつまり0.01ナノメートルに制限する。これは、線の細められたフッ化クリプトンエキシマレーザ光源のために十分なスペクトルバンド幅である。図1に示される実施例は、石英ガラスが十分に透過させるいかなる波長に関しても最適化され得る。

【0028】より広いスペクトルバンド幅は、分散の異なる2つの光学材料を用いることによって達成され得る。この発明の第2の実施例は、図2に示される。第2の実施例に係る光学系はその長い共役側端部から、対象

物即ちレチクル面10、レンズ群LG4、偏向鏡12
2、レンズ群LG5、表面138を有するビームスプリッタキューブ132、第1の4分の1波長板134、凹面鏡136、第2の4分の1波長板140、レンズ群LG6を含む。像は、像面即ちウエハ面50で結像される。レンズ群LG4は、負のレンズ112および正のレンズ114を含む空隙ダブルレットと、弱い正のレンズ116と、正のレンズ118とシェル120とを含む。レンズ群LG5は、正のレンズ124、負のレンズ126、正のレンズ128、および負のレンズ130を含む。レンズ群LG6は、2つの正のレンズ142と、正のレンズ144および負のレンズ146を含む「接合された」ダブルレットと、正のレンズ148と、シェル150および正のレンズ152を含む「接合された」ダブルレットを含む。

【0029】この第2の実施例は、レンズ群LG4の個々の正のレンズの1つ、レンズ群LG5の負のレンズ、およびレンズ群LG6の2つの正のレンズにフッ化カルシウムを用いる。

【0030】この発明の図2に示される第2の実施例の構成データは、以下の表4～表6に示される。

【0031】

【表4】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
10	無限遠		60.4852			
112	-205.5158	539.1791	15.2158	124.0926	137.3346	シリカ
空間			8.8054			
114	2080.9700	-210.6539	32.4984	142.6149	151.7878	シリカ
空間			1.2676			
116	310.4463	700.3748	40.7304	162.4908	165.2126	CaF ₂
空間			0.5000			
118	634.1820	-798.8523	27.5892	165.4595	166.4747	シリカ
空間			0.5000			
120	1480.0597	1312.1247	25.4322	168.7516	164.7651	シリカ
空間			136.2343			
122	無限遠		-74.0000	161.9590		反射
124	-761.5176	1088.9351	-19.7150	160.3165	159.2384	シリカ
空間			-15.9465			

【0032】

* 20 * 【表5】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
126	648.8361	-202.5872	-12.0000	155.1711	153.0635	CaF ₂
空間			-7.6304			
128	-400.4276	458.5060	-25.8769	153.0635	153.8035	シリカ
空間			-2.0000			
130	-818.0922	-168.5034	-27.5927	152.6663	147.5200	CaF ₂
空間			-20.5014			
132	無限遠	無限遠	-91.7553	148.6158	252.7349	シリカ
138	無限遠			252.7349		反射
132	無限遠	無限遠	91.7553	252.7349	252.7349	シリカ
空間			2.0000			
134	無限遠	無限遠	6.0000	185.8070	187.0026	シリカ
空間			18.1636			
絞り				188.5681		
136	非球面		-18.1636	188.5681		反射
134	無限遠	無限遠	-6.0000	184.2566	181.1084	シリカ
空間			-2.0000			
132	無限遠	無限遠	-91.7553	179.3638	151.7747	シリカ

【0033】

【表6】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
132	無限遠	無限遠	-70.0000	151.7747	133.3985	シリカ
空間			-2.0000			
140	無限遠	無限遠	-4.5000	132.5690	131.3876	シリカ
空間			-0.5000			
142	-112.0665	-597.6805	-21.4866	123.4895	119.2442	シリカ
空間			-0.5000			
144	-116.3137	282.3140	-24.0940	107.8451	101.2412	CaF ₂
146	282.3140	-66.5293	-13.7306	101.2412	72.6862	シリカ
空間			-2.6346			
148	-77.2627	-374.4800	-17.9594	72.0749	62.7659	シリカ
空間			-0.5452			
150	-130.1381	-57.1295	-23.8147	58.9696	37.4889	シリカ
152	-57.1295	-7305.8777	-6.1425	37.4889	34.3156	CaF ₂
空間			-4.0000			
像	無限遠			26.4992		

【0034】ここで表3の下の式で用いられる非球面鏡134に関する定数は以下のとおりである。

【0035】CURV=-0.00286744

K = 0.000000

A = -1.92013 × 10⁻⁰⁹

B = -3.50840 × 10⁻¹⁴

C = 2.95934 × 10⁻¹⁸

D = -1.10495 × 10⁻²²

E = 9.03439 × 10⁻²⁷

F = -1.39494 × 10⁻³¹

この第2の実施例は、約200ピコメートルつまり0.2ナノメートルのスペクトルバンド幅を有し、かつ193.3ナノメートルを中心とするビームに関して最適化される。やや細くされたフッ化アルゴンエキシマレーザは光源として十分である。さらに、屈折材料の両方が十分に透過させるいかなる波長に関してもこの設計は最適化され得る。材料の分散が減少するにつれて、バンド幅は一般により長い波長に関して増大する。たとえば、約248.4ナノメートルであれば、このような2つの材料での設計は、少なくとも400ピコメートル、0.4

【0036】波長が360ナノメートルよりも長くなると、より広範囲の光学ガラスが十分な透過を有し始め

る。図3に示される第3の実施例は、このガラスの選択が広がったことおよび分散がさらに低減されたことを活用する。その長い共役側端部から、これは対象物またはレチクル面10、レンズ群LG7、偏向鏡222、レンズ群LG8、表面238を有するビームスプリッタキューブ232、第1の4分の1波長板234、凹面鏡236、第2の4分の1波長板240、およびレンズ群LG9を含む。像は、像面またはウエハ面50で結像される。レンズ群LG7は、負のレンズ212および正のレンズ214を含む空隙ダブレット、正のレンズ216および負のレンズ218を含む空隙ダブレット、ならびに正のレンズ220を含む。レンズ群LG8は、正のレンズ224、負のレンズ226、正のレンズ228、および負のレンズ230を含む。レンズ群LG9は、正のレンズ242、正のレンズ244および負のレンズ246を含む接合されたダブレット、正のレンズ248、ならびにシェル250および正のレンズ252を含む接合されたダブレットを含む。

【0037】図3に示される第3の実施例の構成データは、以下の表7～表9に示される。

【0038】

【表7】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
10	無限遠		59.2960			
212	-620.7809	361.8305	20.2974	125.9406	134.7227	PBM2Y
空間			2.6174			
214	515.7935	-455.1015	39.8858	135.3384	145.6015	PBM2Y
空間			14.7197			
216	431.3189	-239.4002	36.9329	155.6269	157.3014	BSL7Y
空間			0.5000			
218	-259.6013	685.3286	26.3534	156.9363	162.2451	PBM2Y
空間			1.4303			
220	361.5709	-1853.2955	23.3934	169.7516	165.1801	BAL15Y
空間			131.8538			
222	無限遠		-77.8469	169.9390		反射
224	-429.2950	455.4247	-32.3086	173.0235	171.1102	PBL6Y
空間			-27.6206			
226	401.0363	-180.0031	-12.0000	159.3555	154.7155	BSL7Y
空間			-5.6227			

【0039】

* * 【表8】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
228	-258.4722	1301.3764	-26.1321	154.7155	154.1517	PBM8Y
空間			-2.0000			
230	-1282.8931	-180.2226	-12.0000	153.1461	149.4794	BSL7Y
空間			-19.7282			
232	無限遠	無限遠	-91.7349	150.4585	252.6772	シリカ
238	無限遠			252.6772		反射
232	無限遠	無限遠	91.7349	252.6772	252.6772	シリカ
空間			2.0000			
234	無限遠	無限遠	6.0000	185.6435	186.7758	シリカ
空間			18.2715			
絞り				188.1745		
236	非球面		-18.2715	188.1745		反射
234	無限遠	無限遠	-6.0000	183.6393	180.1377	シリカ
空間			-2.0000			
232	無限遠	無限遠	-91.7349	178.3236	147.9888	シリカ
232	無限遠	無限遠	-70.0000	147.9888	126.9282	シリカ
空間			-2.0000			

【0040】

【表9】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
240	無限遠	無限遠	-4.5000	126.0289	124.6750	シリカ
空間			-0.5000			
242	-119.8912	-610.6840	-18.6508	117.5305	113.4233	BSM51Y
空間			-0.5000			
244	-114.1327	384.9135	-21.1139	102.6172	96.4137	BSL7Y
246	384.9135	-70.2077	-13.0576	96.4137	71.1691	PBL2FY
空間			-2.8552			
248	-85.7858	-400.3240	-16.9147	70.5182	61.2633	BSM51Y
空間			-0.8180			
250	-151.5235	-54.0114	-19.5810	57.6234	37.3909	BSM51Y
252	-54.0114	-2011.1057	-6.3947	37.3909	34.2119	PBL6Y
空間			-4.0000			
像	無限遠			26.5002		

【0041】ここで表3の下で用いられる非球面鏡234に関する定数は以下のとおりである。

【0042】CURV=-0.00291648

K = 0.000000

A = -1.27285 × 10⁻⁵

B = -1.92865 × 10⁻¹⁴

C = 6.21813 × 10⁻¹⁵

D = -6.80975 × 10⁻²³

E = 6.04233 × 10⁻²⁷

F = 3.64479 × 10⁻³²

この第3の実施例は、365.5ナノメートルの波長を中心として、8ナノメートルのスペクトルバンド幅で動作する。このスペクトルバンド幅のビームは、Iライン波長で波された水銀アークランプによって与えられ得る。この第3の実施例において用いられる石英ガラス以外の光学ガラスは、一般にIラインガラスとして既知である。これらの光学ガラスは、水銀Iライン波長で最小の吸収またはソラリゼーション効果を有する。これらのガラスは、アメリカ合衆国、088876-3519、ニュージャージー州(New Jersey)、ソマビル市(Somerville)、ブランチバーグタウンシップ(Branzburg Township)、コロンビアロード(Columbia Road)50に所在するオハラコーポレーション(O'Hara Corporation)の一般的に入手可能なガラスカタログに見い出されるだろう。

【0043】図4は、この発明の縮小光学系の第4の実施例を示す。この実施例は、0.63の開口数を有し、

248.4ナノメートルの波長を中心として、300ピコメートル、好ましくは100ピコメートルのスペクトルバンド幅で動作し得る。第4実施例の光学系は共役側端部から、対象物即ちレチクル面410、第1のレンズ群LG1、偏向鏡420、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッタキューブ430、第1の4分の1波長板432、凹面鏡434、第2の4分の1波長板438、および第3のレンズ群LG3を含む。像は、像面即ちウエハ面450で結像する。

【0044】第1のレンズ群LG1は、シェル412と、正のレンズ414および負のレンズ416を含む空隙ダブルレットと、正のレンズ418を含む。第2のレンズ群LG2は、正のレンズ422と、負のレンズ424および正のレンズ426を含む空隙ダブルレットと、負のレンズ428を含む。第3のレンズ群LG3は、2つの正のレンズ440および442と、シェル444と、2つの正のレンズ446および448を含む。やはり、図1に示される実施例のように、図4の偏向鏡420はこの発明の動作に不可欠なわけではないが、対象物410と像面450とが互いに平行になるのを可能にし、フォトリソグラフィを用いる半導体装置の製造に好都合である。

【0045】図4に示される第4の実施例の構成データは、以下の表10～表14に示される。

【0046】

【表10】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
410	無限遠		63.3853			
412	-183.5661 CC	-215.7867 CX	17.0000	122.8436	130.6579	シリカ
空間			46.6205			
414	-601.1535 CC	-230.9702 CX	21.4839	149.1476	153.3103	シリカ
空間			68.8075			
416	-195.1255 CC	-345.4510 CX	15.0000	161.6789	170.1025	シリカ
空間			3.0000			
418	435.8058 CX	-1045.1785 CX	24.9351	177.4520	178.2672	シリカ
空間			130.0000			
		偏心 (1)				

【0047】

* * 【表11】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
420	無限遠		-64.5000	180.3457		反射
422	-210.7910 CX	380.1625 CX	-43.1418	181.6672	178.0170	シリカ
空間			-15.8065			
424	300.1724 CC	-123.4555 CC	-12.0000	166.7278	153.3103	シリカ
空間			-3.8871			
426	-126.8951 CX	972.6391 CX	-41.3263	154.8530	151.8327	シリカ
空間			-1.5000			
428	-626.4905 CX	-116.6456 CC	-12.0000	147.6711	136.1163	シリカ
空間			-31.8384			

【0048】

【表12】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
430	無限遠	無限遠	-74.0000	137.2448	200.1127	シリカ
		偏心 (2)				
436	無限遠			200.1127		反射
430	無限遠	無限遠	74.0000	200.1127	200.1127	シリカ
空間			2.0000			
432	無限遠	無限遠	6.0000	148.6188	149.0707	シリカ
空間			14.4638			
絞り				149.6392		
434	非球面		-14.4638	149.6392		反射
432	無限遠	無限遠	-6.0000	144.8563	141.2737	シリカ

【0049】

* * 【表13】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
空間			-2.0000			
430	無限遠	無限遠	-74.0000	139.3606	117.3979	シリカ
		偏心 (3)				
430	無限遠	無限遠	-61.0000	117.3979	100.5074	シリカ
空間			-2.0000			
438	無限遠	無限遠	-4.5000	99.6617	98.4157	シリカ
空間			-1.2000			
440	-157.8776 CX	2282.2178 CX	-13.7501	94.8267	91.8775	シリカ
空間			-1.2000			
442	-94.0039 CX	-466.6559 CC	-13.4850	82.8663	78.1418	シリカ

【0050】

【表14】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
空間			1.2000			
444	-147.2485 CX	-77.8924 CC	-22.2075	72.7262	50.6555	シリカ
空間			-3.2091			
446	-159.2880 CX	-519.4850 CC	-13.8321	49.5648	39.0473	シリカ
空間			-0.2000			
448	-129.3683 CX	-426.7350 CC	-6.1500	37.3816	32.4880	シリカ
空間	像距離 =		-4.0000			
450	像	無限遠			26.5003	

【0051】表3の下の数1で用いられる非球面鏡431に関する定数は以下のとおりである。

【0052】CURV=-0.00332614

K = 0.000000

A = -4.32261E-10

B = 3.50228E-14

C = 7.13264E-19

D = 2.73587E-22

この第4の実施例は、248.4nmを中心とするビームに関して最適化される。石英ガラスである単一の屈折材料および屈折力の大部分が、図4に示される実施例のスペクトルバンド幅を制限する。しかしながら、第4の実施例の最大開口数は、初めの3つの実施例の0.7ではなく0.63なので、第4の実施例は300ピコメートル、好ましくは100ピコメートルのスペクトル全幅半値バンド幅にわたる許容可能な結像を与える。したがって、前者においては狭くされない、後者においては狭くされるエキシマレーザが、照射源のために用いられ得る。

【0053】第4の実施例のLG1およびLG2の正味の屈折力が、弱い負である最初の3つの実施例とは異なり、弱い正である点において、第4の実施例は、最初の3つの実施例とは異なる。さらに、このことは、LG1とLG2を加えた全体の結像力が正であっても負であってもよく、それでも凹面鏡234でまたはその近傍で無限遠の入射ひとみが結像できることを示している。

【0054】図5は、この発明の縮小光学系の第5の実

施例を示す。好ましくは、この実施例は0.60の開口数を有し、248.4ナノメートルを中心とし、300ピコメートルのスペクトルバンド幅で動作する。第5の実施例に係る光学系は長い共役側端部から、対象物即ちレチクル面510、第1のレンズ群LG1、偏向鏡520、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッタキューブ530、第1の4分の1波長板532、凹面鏡534、第2の4分の1波長板538、および第3のレンズ群LG3を含む。像は、像面またはウエハ面で結像される。

【0055】第1のレンズ群LG1は、シェール512と、正のレンズ514および負のレンズ516を含む空隙ダブレットと、正のレンズ518とを含む。第2のレンズ群LG2は、正のレンズ522と、負のレンズ524および正のレンズ526を含む空隙ダブレットと、負のレンズ528とを含む。第3のレンズ群LG3は、2つの正のレンズ540および542と、シェール544と、2つの正のレンズ546および548とを含む。やはり、図1に示される実施例のように、図5の偏向鏡520はこの発明の動作に不可欠なわけではないが、対象物の面と像面とが互いに平行になるのを可能にし、フォトリソグラフィーを用いる半導体装置の製造に好都合である。

【0056】図5に示される第5の実施例の構成データは、以下の表15～表19に示される。

【0057】

【表15】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
S10	無限遠		62.7514			
S12	-136.1154 CC	-152.5295 CX	16.8300	120.7552	129.4354	シリカ
空間			4.5206			
S14	-270.1396 CC	-191.8742 CX	20.5341	132.9152	139.0377	シリカ
空間			90.8476			
S16	-188.9000 CC	-284.7476 CX	17.5000	156.1938	165.6567	シリカ
空間			2.9700			
S18	433.8174 CX	-841.5599 CX	25.8293	173.8279	174.8334	シリカ
空間			149.4549			
		偏心 (C)				

【0058】

* * 【表16】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
S20	無限遠		-61.0000	177.2183		反射
S22	-190.3251 CX	-8413.4836 CC	-34.4564	178.5071	174.2260	シリカ
空間			-51.5487			
S24	690.5706 CC	-146.4997 CC	-11.8800	150.4109	141.8021	シリカ
空間			-10.6267			
S26	-265.9886 CX	1773.5314 CX	-24.1851	142.1592	141.2400	シリカ
空間			-1.5000			
S28	-244.9899 CX	-142.8558 CC	-11.8800	139.3290	133.8967	シリカ
空間			-23.6411			
S30	無限遠	無限遠	-71.2800	134.3115	189.7826	シリカ

【0059】

【表17】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
		偏心(2)				
536	無限遠			189.7826		反射
530	無限遠	無限遠	71.2800	189.7826	189.7826	シリカ
空間			1.9500			
532	無限遠	無限遠	5.9400	142.3429	142.6707	シリカ
空間			18.5263			
絞り				143.5034		
534	非球面		-18.5263	143.5034		反射
532	無限遠	無限遠	-5.9400	134.2788	130.9398	シリカ
空間			-1.9800			

【0060】

* * 【表18】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
530	無限遠	無限遠	-71.2800	130.1221	111.7247	シリカ
		偏心(3)				
530	無限遠	無限遠	-60.4000	111.7247	96.1353	シリカ
空間			-1.9800			
538	無限遠	無限遠	-4.4550	95.3562	94.2064	シリカ
空間			-1.1880			
540	-127.4561 CX	-1398.8019 CC	-13.0104	90.4737	87.7032	シリカ
空間			-1.1880			
542	-98.8795 CX	-424.1302 CC	-12.2874	80.7016	76.3270	シリカ
空間			-1.1880			

【0061】

【表19】

素子番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	開口直径 (mm)		ガラス
	前	後		前	後	
544	-132.0104 CX	-70.9574 CC	-17.8706	71.0789	53.4306	シリカ
空間			-3.1246			
546	-123.1071 CX	-585.4471 CC	-19.9496	52.6417	38.2256	シリカ
空間			-3.1980			
548	-137.8349 CX	-292.6179 CC	-6.0885	36.7251	31.8484	シリカ
空間	像距離 =		-4.0000			
550	像	無限遠			26.5000	

【0062】表3の下の数1に用いられる非球面鏡534に関する定数は以下のとおりである。

【0063】CURV=-0.00325995

K = 0.000000

A = -6.91799E-10

B = 5.26952E-15

C = 6.10046E-19

D = 1.59429E-22

この第5の実施例は、248.4nmを中心とするビームに関して最適化される。石英ガラスである単一の屈折材料および屈折力の大部分が、図5に示される実施例のスペクトルバンド幅を制限する。しかしながら、第5の実施例は、最初の3つの実施例の0.7ではなく0.6の最大開口数を有するので、第5の実施例は300ピコメートルのスペクトル全幅半値バンド幅にわたる許容可能な結像を与える。したがって、狭くされないエキシマレーザが照射源のために用いられ得る。

【0064】第5の実施例は、第5の実施例のLG1およびLG2の正味の屈折力が、最初の3つの実施例のように弱い負ではなく、弱い正である点において、最初の3つの実施例とは異なる。さらに、このことは、LG1とLG2を加えた全体の結像力が正であっても負であってもよく、それでも凹面鏡534でまたはその近傍で無

限遠の入射ひとみが結像できることを示している。

【0065】好ましい実施例が示され、説明されたが、この発明の範囲および精神を逸脱することなく種々の変更が可能であることが当業者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】単一の屈折材料を用いるこの発明の一実施例の概略図である。

【図2】2つの異なる屈折材料を用いるこの発明の別の実施例の図である。

【図3】2つ以上の異なる屈折材料を用いるこの発明のさらに別の実施例の図である。

【図4】この発明の縮小光学系の第4の実施例を示す図である。

【図5】この発明の縮小光学系の第5の実施例を示す図である。

【符号の説明】

LG1 第1のレンズ群

LG2 第2のレンズ群

LG3 第3のレンズ群

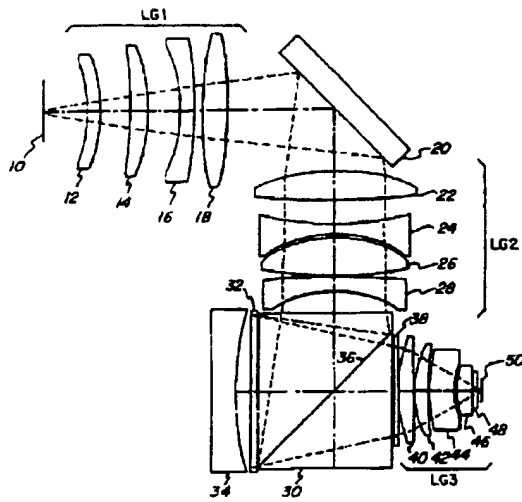
30 ビームスプリッタキューブ

32 1分の1波長板

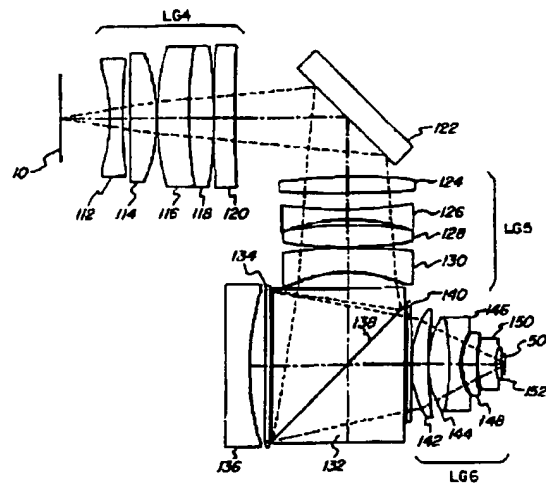
34 凹面鏡

38 4分の1波長板

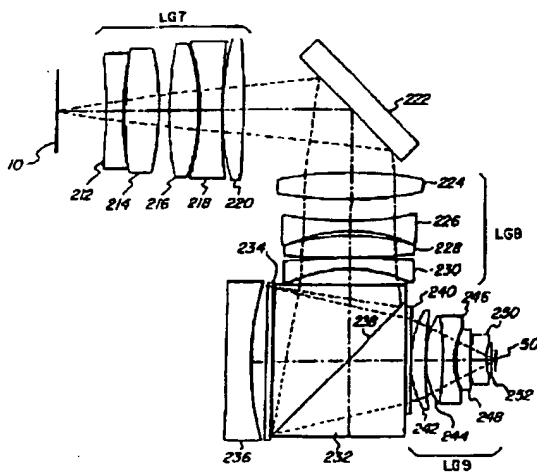
【図1】



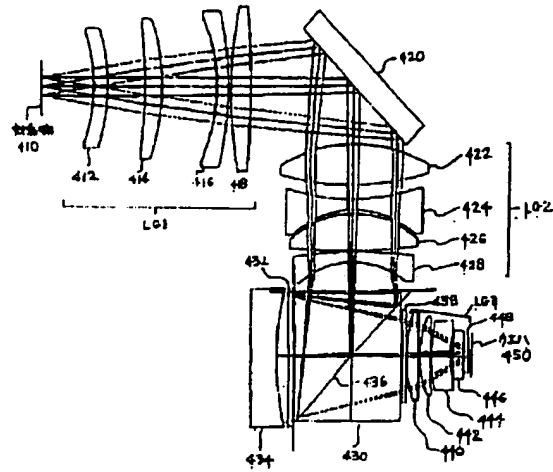
【図2】



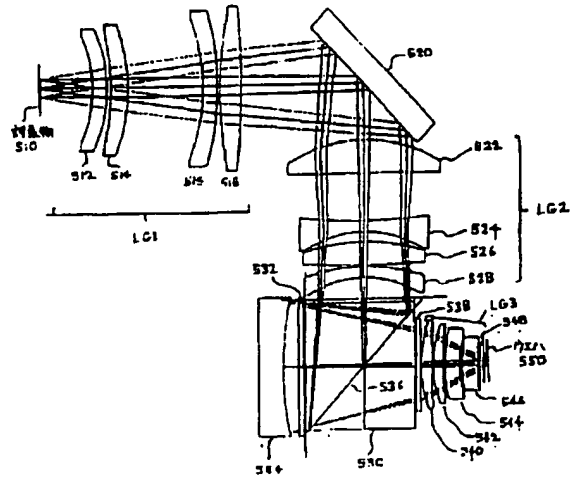
【図3】



【図4】



【図5】



THIS PAGE BLANK (USPTO)